

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-189659

(43)Date of publication of application : 22.07.1997

(51)Int.Cl.

G01N 21/64

A61B 10/00

A61C 19/04

G01J 3/51

(21)Application number : 08-296262

(71)Applicant : KALTENBACH &amp; VOIGT GMBH &amp; CO

(22)Date of filing : 08.11.1996

(72)Inventor : HIBST RAIMUND DR

GALL ROBERT

KLAFKE MARIO

(30)Priority

Priority number : 95 19541686

Priority date : 08.11.1995

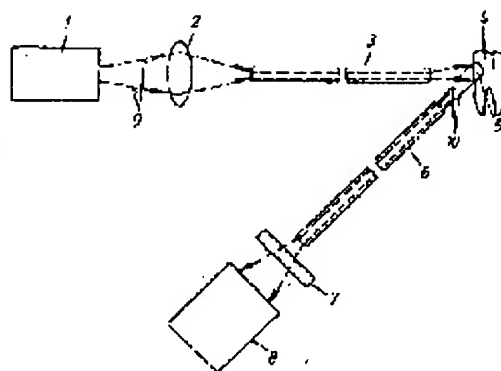
Priority country : DE

## (54) RECOGNIZING DEVICE FOR TOOTH STATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To recognize the influence of carious tooth and bacterial plaque and the infection of a tooth by bacteria with high detecting precision and reliability.

SOLUTION: This device has a light source 1 directed to a tooth 4 to be inspected and generating an exciting emitted light for exciting a fluorescent emitted light 10 in the tooth 4; a detecting device 8 for detecting the fluorescent emitted light 10 from the tooth 4; and a spectrum filter 7 set in the front of the detecting device 8. The wavelength of the exciting emitted light 9 of the light source 1 is set between 600nm and 670nm. The intensity difference between the fluorescence spectrum in carious tooth area and the fluorescence spectrum in healthy tooth area is extended by these means, and the recognition of a carious tooth is facilitated.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-189659

(43) 公開日 平成9年(1997)7月22日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 21/64			G 0 1 N 21/64	Z
A 6 1 B 10/00			A 6 1 B 10/00	
A 6 1 C 19/04			G 0 1 J 3/51	
G 0 1 J 3/51			A 6 1 C 19/04	Z

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-296262  
(22) 出願日 平成8年(1996)11月8日  
(31) 優先権主張番号 1 9 5 4 1 6 8 6 : 4  
(32) 優先日 1995年11月8日  
(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 592175841  
カルテンバッハ ウント ホイクト ゲゼ  
ルシャフトミット ベシュレンクテル ハ  
フツング ウント カンパニー  
KALTENBACH & VOIGT  
GESELLSCHAFT MIT BE  
SCHRAHKTER HAFTUNG  
& COMPAGNIE  
ドイツ, リッセ, ヴィベラッハ D-  
7950, ビスマルクリンク 39  
(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

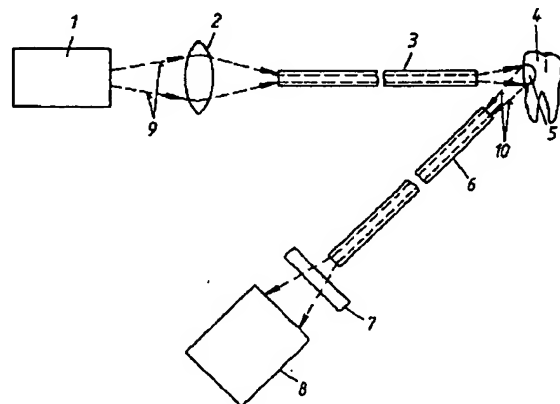
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歯の状態の認識装置

(57) 【要約】

【課題】 検出精度および信頼性の高い虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を認識する歯の状態の認識装置を実現する。

【解決手段】 検査すべき歯(4)に指向させ、その歯(4)において蛍光性放射光(10)を励起させる励起放射光(9)を発生する光源(1)と、上記歯(4)からの蛍光性放射光(10)を検出する検出装置(8)と、上記検出装置(8)の前部に設置されたスペクトルフィルタ(7)とを有する歯の状態の認識装置において、上記光源(1)の励起放射光(9)の波長は600 nmから670 nmの間に設定されている。これらの手段により、虫歯領域の蛍光スペクトルおよび健康な歯の領域の蛍光スペクトルの強度差が拡大され、虫歯の認識が容易になる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 検査すべき歯（4）に指向させ、その歯（4）において蛍光性放射光（10）を励起させる励起放射光（9）を発生させる光源（1）と、

上記歯（4）の蛍光性放射光（10）を検出する検出装置（8）と、

上記検出装置（8）の前部に設置されたスペクトルフィルタ（7）とを有する虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる感染を認識する歯の状態の認識装置において、

上記光源（1）から発生される励起放射光（9）の波長は600ナノメートル（nm）から670ナノメートルの間にあることを特徴とする歯の状態の認識装置。

【請求項2】 上記スペクトルフィルタ（7）は、670ナノメートルより長い波長の放射光を通過させるように構成されている請求項1に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項3】 上記光源（1）から発生される励起放射光（9）の波長は、630ナノメートルから650ナノメートルまでである請求項1または請求項2に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項4】 上記スペクトルフィルタ（7）は、有色ガラス遮断フィルタまたは回折格子により構成される請求項1～3の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項5】 上記スペクトルフィルタ（7）は、弱蛍光性である請求項1～4の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項6】 上記スペクトルフィルタ（7）は、波長が670ナノメートルから800ナノメートルにある放射光を通過させる請求項1～5の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項7】 上記スペクトルフィルタ（7）と直列に、さらに波長800ナノメートル以下の放射光を通過させるスペクトルフィルタが設けられる請求項1～5の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項8】 上記検出装置（8）には、感光性素子として、少なくとも一つのフォトダイオードを有する請求項1～7の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項9】 上記検出装置（8）には、当該検出装置（8）により検査された歯（4）の蛍光性放射光（10）に基づき、歯の状態を決定する評価装置（12）が接続されている請求項1～8の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項10】 上記歯（4）の蛍光性放射光（1）を増幅するための増幅素子が設けられている請求項1～9の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項11】 上記検出装置（8）は、増倍型光電管を有する請求項1～10の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項12】 上記励起放射光（9）および上記歯（4）の蛍光性放射光（10）は、光導体（3、6）に

より伝搬される請求項1～12の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項13】 上記光源（1）により発生される励起放射光（9）は、当該励起放射光（9）に連結したレンズシステムを介して、光導体（3）に導かれ、および／または、上記光導体（3）の終端に設置されたレンズシステムを介して歯に伝搬される請求項12に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項14】 上記蛍光性放射光（10）は、当該蛍光性放射光（10）に連結したレンズシステムを介して、光導体（6）に供給され、および／または、上記光導体（6）の終端に設置されたレンズシステムを介してスペクトルフィルタに伝搬される請求項12または13に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項15】 上記励起放射光（9）および上記蛍光性放射光（10）にそれぞれ独立した光導体（3、6）が設けられた請求項12～14の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項16】 上記励起放射光（9）および上記蛍光性放射光（10）に共通の光導体が設けられた請求項12～14の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項17】 上記光源（1）と上記光導体（3）の上記光源側終端との間に、上記蛍光性放射光（10）を分離するためのビーム分離器が設けられている請求項16に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項18】 上記光導体は、上記励起放射光（9）を伝搬するための少なくとも一本の光ファイバー（3）と、

上記蛍光性放射光（10）を伝搬するための複数本の光ファイバー（6a）を有する請求項16または17に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項19】 上記蛍光性放射光（10）を伝搬する光ファイバー（6a）は、上記励起放射光（9）を伝搬するための少なくとも一本の光ファイバー（3）を中心として、その周囲に配置されている請求項18に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項20】 上記蛍光性放射光（10）を伝搬する光ファイバーは、直径方向に沿って、上記励起放射光（9）を伝搬するための少なくとも一本の光ファイバー（3）から外側に面取り加工が施されている請求項19に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項21】 上記光ファイバーの直径は、ほぼ200マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）である請求項18～20の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項22】 上記光源（1）は、レーザダイオード、またはHeNeレーザである請求項1～21の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項23】 上記励起放射光（9）は、周期的に変調され、

上記検出装置（8）は、上記励起放射光（9）の変調周

波数に応じて変調された蛍光性放射光(10)を評価し、虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の状態を検出する請求項1~22の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項24】上記励起放射光(9)の変調周波数は、100Hzから20kHzまでの範囲である請求項23に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項25】上記励起放射光(9)の周期的な変調は、回転する開口ダイヤフラムにより実現する請求項23または24に記載の歯の状態の認識装置。

【請求項26】上記励起放射光(9)の周期的な変調は、上記レーザダイオードに供給されたレーザダイオード電圧を変化させて行う請求項23または24の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【請求項27】上記検出装置(8)から出力された測定信号は、音声により示される請求項1~26の何れかに記載の歯の状態の認識装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、請求項1の前文に従う虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を認識する歯の状態の認識装置に関するものである。特に、検査すべき歯に指向させ、その歯において蛍光性放射光を励起させる励起放射光を発生する光源と、上記歯の蛍光性放射光を検出する検出装置と、上記検出装置の前部に設置されたスペクトルフィルタとを有する歯の状態の認識装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を視覚検査により、またはX線を用いることによって発見できることは知られている。しかし、視覚検査によってはしばしば満足した結果が得られない。それは例えば、初期段階の虫歯または歯の観察しにくい場所にある虫歯は検出できないからである。他方では、X線は虫歯および他の歯の病気の発生を検出するには有効な方法と実証されたにも関わらず、X線による人体の健康への影響を考慮すると、この検査方法は最適ではない。従って、歯における虫歯の存在を検出可能にする新しい技術の開発の必要性が存在していた。

【0003】ドイツ特許DE3031249C2には、実質的な単色光によって歯を照射する人間の歯にある虫歯の非接触検査方法が提案されている。実質的な単色光の放射光は、歯における蛍光性放射光を励起する。虫歯と健康な歯の領域から反射された蛍光スペクトルは明らかな違いを示すことが発見された。従って、歯の蛍光スペクトルの赤色スペクトル領域(波長約550~650nm)では、虫歯の蛍光性放射光の強度は健康な歯より非常に強い。反対に、蛍光スペクトルにおける青色スペクトル領域(波長約350~450nm)では、虫歯領域と歯の健康な領域の蛍光性放射光の強度はほぼ同じで

ある。

【0004】ドイツ特許3031249C2は、例えば、波長410nmの光で歯を照射し、二つのフィルタを用いて、光検出器によって、450nmの第1の波長および610nmの第2の波長、即ち、青色および赤色スペクトル領域の歯の蛍光性放射光を検出することを提案している。このような方式で検出された蛍光性放射光強度を引き算処理することで、放射強度の差により、健康な歯と虫歯領域を明瞭に区別することができる。

10 【0005】同様な方法は、S. Albin その他の論文“歯におけるレーザにより励起された蛍光”, Proc. SPIE 907, pages 96-98, 1988にも述べられている。それによると、波長488nmの光による励起が提案されている。

【0006】ドイツ特許出願DE4200741Aは、さらなる改良を加えた利点として、波長360から580nmまでの励起放射光で歯の蛍光性放射光を発生させ、歯の蛍光性放射光の内、波長620nm以上の蛍光性放射光を抽出することを提案している。これらの手段により、励起放射光の波長と受信された蛍光性放射光の波長の差が十分大きく、励起放射光と蛍光性放射光が重なることによる判定結果の歪みの発生を防止できる。

【0007】E. de Josselin de Jongその他の論文“レーザ励起蛍光による生体内の初めてのエナメル虫歯の変化の定量化方法”, Caries Res. 1995, 29, pages 2-7では、波長488nmのレーザで歯を照射し、CCDカメラで歯からの蛍光性放射光の内波長520nm以上の蛍光性放射光を検出することを提案した。コンピュータプログラムにより、検出結果が評価され、虫歯領域を検出できる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述した既知の検査方法および装置は、歯の蛍光性放射光を励起するために、一般的に、波長580nm以下の励起放射光を用いる。これらの手段によると、蛍光性放射光を発生するために比較的に大きな有効断面積が得られるが、健康な歯の組織からの蛍光性放射光は虫歯の損傷部分からの蛍光性放射光より非常に強い。従って、既知の検査方法および装置においては、蛍光性放射光の複雑な比較作業が必要であり、特定の波長領域において、隣り合う健康な歯と虫歯領域から放射された蛍光性放射光(E. de Josselin de Jongその他の論文を参照)、または異なる二つの波長領域からの蛍光性放射光の測定信号を複雑な方法で互いに比較する必要がある(ドイツ特許DE3031249C2を参照)。さらに、上述した既知の装置は複雑な構造を要求しており、これらの装置を経済的に製造することはできず、市場に流通することは殆どない。

【0009】一般的に、励起放射光の波長を短くすることにより、歯の組織による光の散乱が増加する。既存の装置による短波長の励起放射光およびそれにより生じた強い光散乱により、励起放射光が直接照射された歯の表

面領域しか検査できないので、既知の装置および方法に関しては、さらに問題がある。

【0010】従って、本発明の目的は、直接に観察できないまたは届かない歯の領域にある虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を確実に検出することを可能とし、高い感度を有する虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を認識する歯の状態の認識装置を提供することにある。さらにこの装置は簡単で、経済的で、上述した問題の影響を受けにくいべきである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】この目的は、請求項1に記載の特徴により達成できる。即ち、検査すべき歯に指向させ、その歯において蛍光性放射光を励起させる励起放射光を発生させる光源と、上記歯の蛍光性放射光を検出する検出装置と、上記検出装置の前部に設置されたスペクトルフィルタとを有する虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる感染を認識する歯の状態の認識装置において、上記光源から発生される励起放射光の波長は600nmから670nmまでの間にあることを特徴とする。本発明の好適な構成は副請求項に記載されている。本発明によれば、歯における蛍光性放射光を発生させるため、光源から照射された励起放射光の波長は600nmから670nmの間にある。歯の蛍光性放射光はフィルタにより検出される。本発明によれば、このフィルタの通過帯域は、波長670nm以上である。

【0012】本発明は、実験結果に基づくものである。それによると、赤色スペクトル領域（即ち、波長が600から670nmの間）による励起放射光により、バクテリアによる感染された歯、特に虫歯の場合、蛍光性放射光が励起される。上述した波長領域による励起放射光では、従来技術の説明に関して、健康な歯の領域からの蛍光性放射光はこのような励起波長において大きく低減される利点がある。これらの手段によれば、虫歯領域からの蛍光性放射光に、健康な歯の組織からの蛍光性放射光がわずかに重なるだけなので、虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を簡単に、問題に影響されにくい方法で、しかも高感度で認識できる。従って、本発明の装置は、虫歯およびバクテリアによる歯の感染の早期診断に理想的である。

【0013】さらに、本発明では、従来技術と逆に、蛍光性放射光の狭いスペクトル領域のみではなく、波長が670nm以上の非常に広いスペクトル領域を利用して、蛍光性放射光を評価することができる。蛍光性放射光の検出において、本発明にかかる装置の高い感度により、複雑なCCDカメラおよび高感度の増倍型光電管を用いる必要がなく、感光性素子として、簡単なフォトダイオードを用いて、歯の蛍光性放射光を検出することができる。本発明のさらなる利点は、本発明による励起光の波長領域およびフィルタによって検出される蛍光性放

射光において、歯の組織からの散乱を非常に小さく保持できることにある。従って、例えば、歯と歯の間の領域に発生した虫歯、または進行中の虫歯などのように、観察が困難または届きにくい歯の領域に発生した虫歯でも簡単な方法で確実に認識することができる。最後に、本発明によれば、例えば、レーザダイオードなどの簡単な光源を用いることができるので、複雑なコリメータ光学システムを必要としない利点がある。また、簡単なバッテリーによる操作ができる。

#### 10 【0014】

【発明の実施の形態】図面および好適な実施形態を参照しながら、本発明はさらに詳細に記述される。

##### 第1実施形態

図1は本発明に係る装置を用いた場合、歯の組織の蛍光スペクトルの例を示す。蛍光スペクトルa1は虫歯領域の蛍光スペクトルを示し、b1は健康な歯の組織の蛍光スペクトルを示している。色素レーザ(dye laser)を用いて励起放射光を発生させることにより、蛍光スペクトルが得られる。例えば、励起波長620nmの場合、蛍光スペクトルa1およびb1が得られ、励起波長630nmの場合、蛍光スペクトルa2およびb2が得られ、励起波長640nmの場合、蛍光スペクトルa3およびb3が得られ、励起波長650nmの場合、蛍光スペクトルa4およびb4が得られる。図1に示す蛍光スペクトルにおいて、レーザのパワーは60ミリワット(mW)である。図1によると、本発明によって提案される波長600~670nm範囲の励起放射光および歯の蛍光性放射光の内波長670nm以上の領域を利用することにより、虫歯領域および健康な歯の領域の蛍光強度は著しく異なる結果が得られる。従って、本発明によれば、波長670nm以上の領域から検出された蛍光性放射光は、直接、且つ簡単に評価できる。その結果、直接に検出された蛍光性放射光に基づき、虫歯領域の存在を決定できる。従って、本発明の装置を用いることにより、従来技術から知られている非常に複雑な評価手順は不必要となる。

【0015】図2は本発明に係る装置の第1の実施形態を示している。光源1により発生される励起放射光9は結合レンズ系2および光導体3を介して、歯4の検査すべき領域5に照射される。波長600nmから670nmまでの励起放射光により、照射された歯4の検査すべき領域5において、比較的に広いスペクトル領域にわたって蛍光性放射光10が励起される。励起された蛍光性放射光10は第2の光導体6およびスペクトルフィルタ7を介して検出装置8に伝搬され、歯の蛍光性放射光の検出および評価に用いられる。従って、スペクトルフィルタ7は好適には、波長670nm以上の蛍光性放射光のみを通過させるように形成される。検出装置8は伝搬されてきた蛍光性放射光10を直接評価し、検出された蛍光性放射光により、直接に虫歯および歯垢の影響また

はバクテリアによる歯の感染の有無を決定する。

【0016】光源1は、好適には、HeNeレーザまたはレーザダイオードを用いて、波長600～670nmの励起放射光を発生する。それによって、波長の増加に伴いこれらのレーザダイオードの出力可能なパワーが増加し、コストが低減する。反対に、励起放射光の波長が増加することにより、励起放射光と蛍光性放射光のスペクトルの差が低減し、フィルタに対する要求が厳しくなる。折衷案として、特に波長650nm前後の励起放射光が有利である。

【0017】励起放射光9は、独立したレンズ系2を介して、光導体3に結合される。または、通常レーザダイオードが組み込まれた場合に、コリメータ光学システムを介して、光導体3に結合される。このような光導体は硬性または可撓性を備えるように形成される。さらに、その歯側の終端に他の光学手段、例えばレンズを装着して光ビームを所定の方に指向させ、および／または患者の口に合うように、あるいは検査すべき歯に応じてその形状が設定される。さらにまた、歯4の検査を容易に行うように、光導体3に交換可能な屈折ミラーまたはレンズを装着する。従って、このような光導体3を用いることにより、歯の領域5または検査すべき歯4に励起放射光9を指向させることを可能にする。これにより、本発明に係る装置は日常に行われている人間の歯（または動物の歯）の虫歯検査における様々な要求に柔軟に対応できる。

【0018】上述した光導体3に関する内容は、さらに蛍光性放射光10をフィルタ7に伝搬する光導体6にも当てはまる。二つの光導体3および6はそれぞれ複数の光ファイバーから構成することができる。光源1としてレーザを用いる場合、励起放射光9および蛍光性放射光10は、例えば、芯の直径が200マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）の比較的に細い光ファイバーを用いて伝送することができる。歯の外部表面を検査する場合、二つの光導体3および6を別々に用いることが特に好都合である。図2に示す実施形態により、光導体3および6の歯側の位置は互いに独立して別々に選択することができ、特に深いところにある虫歯あるいは不明な病状を検査するときに満足した検出感度を実現できる。

【0019】本発明に係る装置のフィルタ7は、波長670nm以上に大きな通過帯域を有する。フィルタ7は、例えば、有色ガラスの遮断フィルタにより実現でき、または、例えば、回折格子などのスペクトル選択用光学素子により実現できる。好適には、フィルタ7自体はできる限り蛍光性を有しないように構成される。図1に示すように、本発明により、波長670nmから800nm範囲内の蛍光スペクトル領域が特に興味深い。従って、さらに波長800nm以上の長波長領域を遮断するフィルタ7aを適切に直列に設けることができる。代わりに、波長670nmから800nmまでの通過帯域

を有するフィルタ7を用いることもできる。

【0020】検出装置8は、好適には感光性素子としてフォトダイオードを用いて、蛍光性放射光を検出する。感度を向上させるため、フォトダイオードに前置増幅器が組み込まれる。同様に、蛍光性放射光の光学領域において、増幅素子として、増倍型光電管を用いることも考えられる。

【0021】光源1および検出装置8の感光性素子とともに半導体素子により構成された場合に、本発明に係る装置に、低電圧電源部品を用いることができる。これにより、消費電力を低減でき、電源としてバッテリーまたは充電型バッテリーのみで構成できる。

## 【0022】第2実施形態

図3は本発明に係る装置の第2の実施形態を示し、図2に示した装置の構成部分は同じ参照符号を用いて表記する。図3に示す実施形態によると、蛍光性放射光10は励起放射光9とともに同じ光導体3により伝搬される。光導体3のビーム出力から蛍光性放射光10を取り出すために、ビーム分離器11が設けられている。ビーム分離器11は、光源1とレンズ2との間に設置され、あるいは、レンズ2と光導体3の光源側の終端との間に設置されている。本発明のこのような構成は、歯の根管を検査する場合に特に有用である。

## 【0023】第3実施形態

図4は本発明に係る装置の第3の実施形態を示している。本実施形態によると、励起放射光9および蛍光性放射光10を伝搬するため、基本的に二つの光導体3および6は別々に設けられているが、取扱いを便利にするために、光導体3と光導体6はハンドピース15の形にまとめられている。光導体6自体は、複数の光ファイバー6aを含む。代わりに、励起放射光9を伝搬する光導体3も複数の光ファイバーにより構成することができる。

【0024】図5は歯に向かう側のハンドピース15の断面図を示している。好適には、光導体6を構成する各々の光導体6aは光導体3の一本のファイバーを中心として、その周囲に配置されている。この方法により、蛍光性放射光の検出の信頼性と精度が向上し、且つ安定化される。

【0025】図6は歯に向かう側のハンドピース15の側面図を示している。図6に示すように、好適には、光ファイバー6aの終端はハンドピース15と検査される歯の表面5との距離に応じて、面取り加工が施されている。これにより、励起放射光9および蛍光性放射光10の確実な、広範囲な重なり合いが達成できる。

【0026】図4には指示装置または表示装置13を有する評価装置12が付け加えて表示されている。評価装置12は、検出装置8から伝送されてきたデータを評価して、虫歯領域の有無を決定する。指示装置または表示装置13は検出装置8から伝送されてきた測定信号を視覚的に表示する。同様に、音声によって測定信号を示す

10

20

30

40

50

ことも考えられる。評価装置12および／または表示装置13は検出装置8に組み込むこともできる。

【0027】上述した方法により虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染を認識する場合に、検出された蛍光性放射光に日光または室内の人工照明が重なり、検査能力が低下するという一般的な問題がある。同様に、この周囲光が歯によって反射され、結果的に光導体6の光ファイバー6aにより集光される。そして、本発明に応じた検出領域（波長670nm以上）にある周囲光のスペクトル領域が背景信号を発生し、虫歯認識の感度を制限する。

【0028】本発明によれば、光源1により生成された励起放射光9を周期的に変調することにより、この問題を有効に解決することができる。従って、例えば、励起放射光9をパルスのように発生することが考えられる。この場合に、励起状態が数ナノ秒（ns）程度の短い持続時間により、实际的に蛍光性放射光は励起放射光の強度に追従する。反対に、周囲光は周期的に変調されることなく、ただ一定の量として検出された蛍光性放射光に重なる。蛍光性放射光を評価する場合に、関連した周波数で周期的に変調された蛍光性放射光のみが検出信号として評価される。

【0029】この方法により、一定の量の周囲光はある程度除去され、虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の状態の認識は周囲光から実質的に無関係となる。しかし、周囲光は電源電圧の周波数に応じて少しながら変調されるので、励起放射光9の変調周波数は電源電圧の周波数から著しく離れるように選択する必要がある。好適には、100Hzから200kHzの範囲内で選択することが望ましい。これらの変調周波数により、励起放射光の変調成分は簡単な方法で評価でき、またはヘッドセットあるいはスピーカなどの音声的な方法で評

\* 価できる。

【0030】図4に回転する開口ダイヤフラム14を用いて励起放射光9を変調する例を示している。これは他の機械式のチョッパにより代替することができる。光源1にレーザダイオードが用いられる場合に、レーザダイオードの駆動電圧を対応して変動させる方法により励起放射光9の変調を直接に実現できる。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の歯の状態の認識装置によれば、虫歯領域および健康な歯の領域からの蛍光性放射光の蛍光スペクトル強度の差が広がり、虫歯および歯垢の影響またはバクテリアによる歯の感染部分の検出精度および信頼性の向上を図れ、構造の簡単化およびコストの低減を実現できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る装置を用いた場合、虫歯および健康な歯組織の蛍光スペクトル例を示す図である。

【図2】本発明に係る装置の第1の実施形態を示す図である。

【図3】本発明に係る装置の第2の実施形態を示す図である。

【図4】本発明に係る装置の第3の実施形態を示す図である。

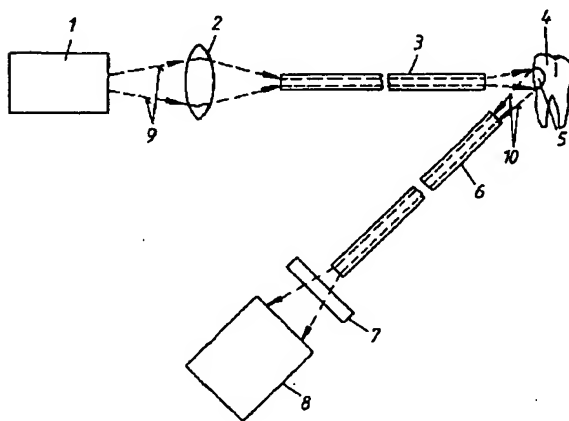
【図5】本発明の装置に係る光導体の断面図である。

【図6】図5に示す光導体の好適な構成の歯側の終端部分の側面図である。

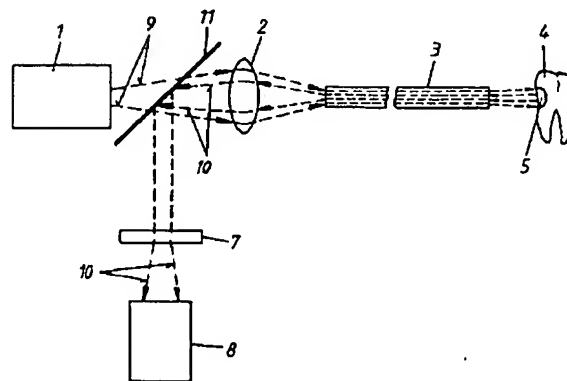
【符号の説明】

1…光源、2…レンズ、3、6、6a…光導体、4…歯、5…歯の検査すべき領域、7…フィルタ、8…検出装置、9…励起放射光、10…蛍光性放射光、11…ビーム分離器、12…評価装置、13…表示装置。

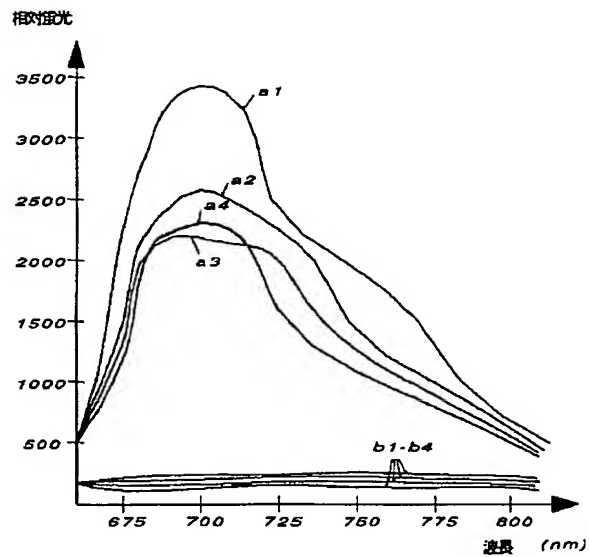
【図2】



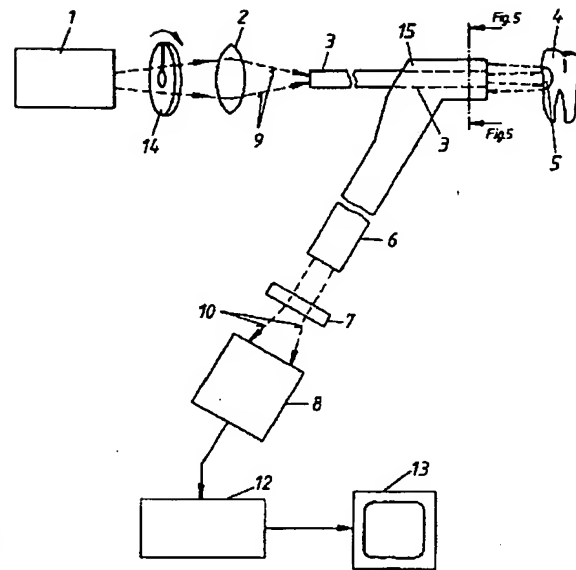
【図3】



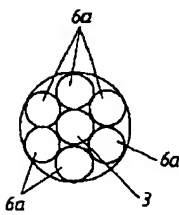
【図1】



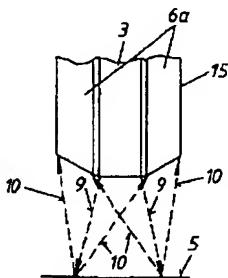
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ライムント ヒブスト  
ドイツ連邦共和国、エルバッハ D-  
89155、アインガー ストラーセ 56 A

(72)発明者 ロベルト ガル  
ドイツ連邦共和国、アウグスブルク D-  
86157、ウーラント ストラーセ 38

(72)発明者 マリオ クラフケ  
ドイツ連邦共和国、マイナシャフ D-  
63814、ツルペンヴェク 32



**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A light source (1) made to generate excitation radiation light (9) which makes a gear tooth (4) which should be inspected direct and excites fluorescence synchrotron radiation (10) in the gear tooth (4).

A sensing device (8) which detects fluorescence synchrotron radiation (10) of the above-mentioned gear tooth (4).

A spectrum filter (7) installed in anterior part of the above-mentioned sensing device (8).

Wavelength of excitation radiation light (9) which is a recognition device of a state of a gear tooth provided with the above, and is generated from the above-mentioned light source (1) is among 600 (nm) to 670 nanometers.

[Claim 2] A recognition device of a state of the gear tooth according to claim 1 constituted so that the above-mentioned spectrum filter (7) may pass synchrotron radiation of long wave length from 670 nanometers.

[Claim 3] A recognition device in a state of the gear tooth according to claim 1 or 2 where wavelength of excitation radiation light (9) generated from the above-mentioned light source (1) is from 630 nanometers to 650 nanometers.

[Claim 4] A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 3 where the above-mentioned spectrum filter (7) is constituted by a colored glass interception filter or diffraction grating.

[Claim 5] A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 4 where the above-mentioned spectrum filter (7) is weak fluorescence.

[Claim 6] A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 5 where the above-mentioned spectrum filter (7) passes synchrotron radiation which has wavelength in 800 nanometers from 670 nanometers.

[Claim 7] A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 5 where the above-mentioned spectrum filter (7) and a spectrum filter which passes synchrotron radiation with a wavelength of 800 nanometers or less further in series are provided.

[Claim 8] A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 7 of having at least one photo-diode as a photosensitive element in the above-mentioned sensing

device (8).

[Claim 9]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 8 where an evaluation system (12) which determines a dental state is connected to the above-mentioned sensing device (8) based on fluorescence synchrotron radiation (10) of a gear tooth (4) inspected by the sensing device (8) concerned.

[Claim 10]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 9 where an amplifier for amplifying fluorescence synchrotron radiation (1) of the above-mentioned gear tooth (4) is provided.

[Claim 11]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 10 where the above-mentioned sensing device (8) has a photoelectric electron multiplier tube.

[Claim 12]A recognition device of a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 12 spread with a light pipe (3, 6) by the above-mentioned excitation radiation light (9) and fluorescence synchrotron radiation (10) of the above-mentioned gear tooth (4).

[Claim 13]Via a lens system connected with the excitation radiation light (9) concerned, excitation radiation light (9) generated by the above-mentioned light source (1) is led to a light pipe (3), and And/. Or a recognition device of a state of the gear tooth according to claim 12 spread for a gear tooth via a lens system installed in a termination of the above-mentioned light pipe (3).

[Claim 14]Via a lens system connected with the fluorescence synchrotron radiation (10) concerned, the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10) is supplied to a light pipe (6), and And/. Or a recognition device of a state of the gear tooth according to claim 12 or 13 spread to a spectrum filter via a lens system installed in a termination of the above-mentioned light pipe (6).

[Claim 15]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 12 to 14 where a light pipe (3, 6) which became independent, respectively was provided in the above-mentioned excitation radiation light (9) and the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10).

[Claim 16]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 12 to 14 where a light pipe common to the above-mentioned excitation radiation light (9) and the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10) was provided.

[Claim 17]A recognition device in a state of the gear tooth according to claim 16 where a beam eliminator for separating the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10) is formed between the above-mentioned light source (1) and the above-mentioned light source side termination of the above-mentioned light pipe (3).

[Claim 18]A recognition device of a state of the gear tooth according to claim 16 or 17 characterized by comprising the following.

At least one optical fiber (3) for the above-mentioned light pipe to spread the above-mentioned excitation radiation light (9).

Two or more optical fibers for spreading the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10) (6a).

[Claim 19]A recognition device of a state of the gear tooth according to claim 18 arranged at the circumference centering on at least one optical fiber (3) for an optical fiber (6a) which spreads the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10) to spread the above-mentioned excitation radiation light (9).

[Claim 20]A recognition device in a state of the gear tooth according to claim 19 where

chamfering work is performed outside from at least one optical fiber (3) for an optical fiber which spreads the above-mentioned fluorescence synchrotron radiation (10) to spread the above-mentioned excitation radiation light (9) along a diametral direction.

[Claim 21]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 18 to 20 where a diameter of the above-mentioned optical fiber is about 200 micrometers (micrometer).

[Claim 22]A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 21 where the above-mentioned light source (1) is a laser diode or HeNe laser.

[Claim 23]The above-mentioned excitation radiation light (9) is modulated periodically, and the above-mentioned sensing device (8), A recognition device in a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 22 of evaluating fluorescence synchrotron radiation (10) modulated according to modulation frequency of the above-mentioned excitation radiation light (9), and detecting a state of a gear tooth by influence or bacteria of a cavity and a dental plaque.

[Claim 24]A recognition device in a state of the gear tooth according to claim 23 where modulation frequency of the above-mentioned excitation radiation light (9) is a range from 100 Hz to 20 kHz.

[Claim 25]A recognition device of a state of the gear tooth according to claim 23 or 24 realized with opening diaphragm turning around periodic abnormal conditions of the above-mentioned excitation radiation light (9).

[Claim 26]A recognition device of a state of a gear tooth given in any of claim 23 or 24 they are performed by periodic abnormal conditions of the above-mentioned excitation radiation light (9) changing laser diode voltage supplied to the above-mentioned laser diode.

[Claim 27]A recognition device of a state of the gear tooth according to any one of claims 1 to 26 by which a measurement signal outputted from the above-mentioned sensing device (8) is shown with a sound.

## **DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the recognition device in the dental state of recognizing the influence of the cavity and dental plaque according to the whereas clause of claim 1, or infection of the gear tooth by bacteria. The gear tooth which should be inspected especially is made to direct and it is related with the recognition device in the dental state of having a light source which generates the excitation radiation light which excites fluorescence synchrotron radiation in the gear tooth, a sensing device which detects the fluorescence synchrotron radiation of the above-mentioned gear tooth, and the spectrum filter installed in the anterior part of the above-mentioned sensing device.

[0002]

[Description of the Prior Art]It is known that the influence of a cavity and a dental plaque or infection of the gear tooth by bacteria can be discovered a sight-check or by using X-rays. However, the result often satisfied depending on the sight-check is not obtained. It is because the cavity which has it in the place which the cavity of an initial stage or a gear tooth cannot observe easily is undetectable. If the influence of the health on the human body by X-rays is taken into consideration in spite of having proved X-rays to be a method effective in detecting sick generating of a cavity and other gear teeth on the other hand, this inspection method is not the optimal. Therefore, the necessity for development of the new art which recognizes existence of the cavity in a gear tooth detectable existed.

[0003]The non-contact inspection method of the cavity in the gear tooth of human being who irradiates German patent DE3031249C2 with a gear tooth by substantial monochromatic light is proposed. The synchrotron radiation of substantial monochromatic light excites the fluorescence synchrotron radiation in a gear tooth. It was discovered that the fluorescence spectrum reflected from the field of a cavity and a healthy gear tooth shows a clear difference. Therefore, in the red-spectrum field (wavelength of about 550-650 nm) of a dental fluorescence spectrum, the intensity of the fluorescence synchrotron radiation of a cavity is dramatically stronger than a healthy gear tooth. On the contrary, in the blue-spectrum field (wavelength of about 350-450 nm) in a fluorescence spectrum, the intensity of the fluorescence synchrotron radiation of a decayed tooth range and the field where a gear tooth is healthy is almost the same.

[0004]German JP,3031249,B C2 irradiated with the gear tooth with light with a wavelength of 410 nm, and has proposed detecting the fluorescence synchrotron radiation of the gear tooth of the 1st wavelength of 450 nm and the 2nd wavelength of 610 nm, i.e., blue, and a red-spectrum field with a photodetector using two filters, for example. By carrying out subtraction processing of the fluorescence synchrotron radiation intensity detected by such a method, a healthy gear tooth and decayed tooth range are clearly distinguishable according to the difference of radiant intensity.

[0005]The same method is stated also to S.Albin, other papers "fluorescence excited by the laser in a gear tooth", Proc. SPIE 907, pages 96-98, and 1988. According to it, excitation by light with a wavelength of 488 nm is proposed.

[0006]As an advantage which added the further improvement, German patent application DE4200741A generated dental fluorescence synchrotron radiation with the excitation radiation light from the wavelength 360 to 580 nm, and has proposed extracting fluorescence synchrotron radiation with a wavelength of not less than 620 nm among dental fluorescence synchrotron radiation. By these means, the difference of the wavelength of excitation radiation light and the wavelength of the received fluorescence synchrotron radiation is large enough, and generating of distortion of the decision result by excitation radiation light and fluorescence synchrotron radiation lapping can be prevented.

[0007]E. In de Josselin de Jong, other papers "quantification method of change of the first enamel cavity in the living body by laser induced fluorescence", Caries Res. 1995, 29, and pages 2-7. It proposed irradiating with a gear tooth by laser with a wavelength of 488 nm, and detecting fluorescence synchrotron radiation with an inner wavelength of not less than 520 nm of the fluorescence synchrotron radiation from a gear tooth with a CCD camera. A detection result is estimated by the computer program and a decayed tooth range can be detected.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In order to excite dental fluorescence synchrotron radiation, excitation radiation light with a wavelength of 580 nm or less is generally used for the known inspection method and device which were mentioned above. According to these means, since fluorescence synchrotron radiation is generated, it is comparatively alike and a big stress area is obtained, but the fluorescence synchrotron radiation from the organization of a healthy gear tooth is dramatically stronger than the fluorescence synchrotron radiation from the damaged part of a cavity. Therefore, in a known inspection method and device, In [ fluorescence synchrotron radiation to be comparison worked and ] a specific wavelength area, The fluorescence synchrotron radiation emitted from the adjacent healthy gear tooth and the decayed tooth range (see E. de Josselin de Jong and the other papers), Or it is necessary to compare mutually the measurement signal of the fluorescence synchrotron radiation from two different

wavelength areas by a complicated method (see German patent DE3031249C2). The known device mentioned above is demanding a complicated structure, cannot manufacture these devices economically, and does not almost have circulating in a commercial scene.

[0009]Generally, dispersion of the light by a dental organization increases by shortening wavelength of excitation radiation light. Since excitation radiation light can inspect only the surface area of the gear tooth irradiated directly by the excitation radiation light and the strong light scattering which this produced of the short wavelength by the existing device, about a known device and method, there is a problem further.

[0010]Therefore, the purpose of this invention makes it possible to detect certainly infection of the gear tooth by the influence or bacteria of a cavity and a dental plaque in the field of the gear tooth which cannot observe directly or does not arrive, It is in providing the recognition device in the dental state of recognizing the influence of the cavity and dental plaque which have high sensitivity, or infection of the gear tooth by bacteria. This device is still easier, and it is economical, and should be hard to be influenced by the problem mentioned above.

[0011]

[Means for Solving the Problem]The feature according to claim 1 can attain this purpose.

Namely, a light source made to generate excitation radiation light which makes a gear tooth which should be inspected direct and excites fluorescence synchrotron radiation in the gear tooth, In a recognition device in a dental state of recognizing influence of a cavity and a dental plaque which have a sensing device which detects fluorescence synchrotron radiation of the above-mentioned gear tooth, and the spectrum filter installed in anterior part of the above-mentioned sensing device, or infection by bacteria, Wavelength of excitation radiation light generated from the above-mentioned light source is in from 600 nm before 670 nm. Suitable composition of this invention is indicated to a subclaim. According to this invention, in order to generate fluorescence synchrotron radiation in a gear tooth, wavelength of excitation radiation light irradiated from a light source is among 600 to 670 nm. Dental fluorescence synchrotron radiation is detected with a filter. According to this invention, a pass band of this filter is not less than 670 nm in wavelength.

[0012]This invention is based on an experimental result. According to it, in the case of an infected gear tooth by bacteria, especially a cavity, fluorescence synchrotron radiation is excited by excitation radiation light by a red-spectrum field (that is, wavelength, for 600 to 670 nm). In excitation radiation light by a wavelength area mentioned above, fluorescence synchrotron radiation from a field of a healthy gear tooth has an advantage greatly reduced in such excited wavelengths about explanation of conventional technology. Since fluorescence synchrotron radiation from an organization of a healthy gear tooth only laps with fluorescence synchrotron radiation from a decayed tooth range slightly according to these means, easily, it is a method which cannot be easily influenced by problem and, moreover, influence of a cavity and a dental plaque or infection of a gear tooth by bacteria can be recognized by high sensitivity. Therefore, a device of this invention is ideal for an early checkup of infection of a cavity and a gear tooth by bacteria.

[0013]Not only a narrow spectral region of fluorescence synchrotron radiation but wavelength can evaluate fluorescence synchrotron radiation by this invention to conventional technology and reverse using a not less than 670-nm very large spectral region. It is not necessary to use a complicated CCD camera and a photoelectric electron multiplier tube of high sensitivity, and dental fluorescence synchrotron radiation can be detected as a photosensitive element with high sensitivity of a device concerning this invention in detection of fluorescence synchrotron

radiation using an easy photo-diode. In fluorescence synchrotron radiation detected with a wavelength area and a filter of excitation light by this invention, there is further advantage of this invention in the ability to hold dispersion from a dental organization very small. Therefore, for example, it can recognize certainly by an easy method also with a cavity generated to a field between gear teeth, or a cavity which observation generated like an on-going cavity to difficulty or a dental field which does not arrive easily. Since easy light sources, such as a laser diode, can be used for the last, for example according to this invention, there is an advantage which does not need a complicated collimator optical system. Operation by an easy battery can be performed. [0014]

[Embodiment of the Invention] This invention is described still in detail, referring to a drawing and a suitable embodiment.

1st embodiment drawing 1 shows the example of the fluorescence spectrum of a dental organization, when the device concerning this invention is used. The fluorescence spectrum a1 shows the fluorescence spectrum of a decayed tooth range, and b1 shows the fluorescence spectrum of the organization of a healthy gear tooth. A fluorescence spectrum is obtained by generating excitation radiation light using dye laser (dye laser). For example, in the case of 620-nm excited wavelengths, the fluorescence spectra a1 and b1 are obtained, in the case of 630-nm excited wavelengths, the fluorescence spectra a2 and b2 are obtained, when it is excited wavelengths of 640 nm, the fluorescence spectra a3 and b3 are obtained, and when it is excited wavelengths of 650 nm, the fluorescence spectra a4 and b4 are obtained. In the fluorescence spectrum shown in drawing 1, the power of laser is 60 mW (mW). According to drawing 1, the result from which the fluorescence intensity of a decayed tooth range and the field of a healthy gear tooth differs remarkably is obtained by using the field with an inner wavelength of not less than 670 nm of the excitation radiation light of wavelength the range of 600-670 nm, and dental fluorescence synchrotron radiation proposed by this invention. Therefore, according to this invention, the fluorescence synchrotron radiation detected from the field with a wavelength of not less than 670 nm can be evaluated directly and easily. As a result, existence of a decayed tooth range can be determined based on the fluorescence synchrotron radiation detected directly. Therefore, the very complicated evaluation procedure known from conventional technology becomes unnecessary by using the device of this invention.

[0015] Drawing 2 shows a 1st embodiment of the device concerning this invention. The excitation radiation light 9 generated by the light source 1 is irradiated via the coupling lens system 2 and the light pipe 3 by the field 5 which should inspect the gear tooth 4. In the field 5 which should inspect the irradiated gear tooth 4, the fluorescence synchrotron radiation 10 is excited over a spectral region large in comparison by the excitation radiation light from the wavelength of 600 nm to 670 nm. The excited fluorescence synchrotron radiation 10 spreads to the sensing device 8 via the 2nd light pipe 6 and spectrum filter 7, and is used for detection and evaluation of a gear tooth of fluorescence synchrotron radiation. Therefore, suitably, the spectrum filter 7 is formed so that only fluorescence synchrotron radiation with a wavelength of not less than 670 nm may be passed. The sensing device 8 carries out the direct valuation of the spread fluorescence synchrotron radiation 10, and determines the existence of infection of the gear tooth by the influence or bacteria of a cavity and a dental plaque directly by the detected fluorescence synchrotron radiation.

[0016] The light source 1 generates excitation radiation light with a wavelength of 600-670 nm suitably using HeNe laser or a laser diode. By it, the power in which the output of these laser diodes is possible increases with the increase in wavelength, and cost decreases. On the contrary,

when the wavelength of excitation radiation light increases, the difference of the spectrum of excitation radiation light and fluorescence synchrotron radiation decreases, and the demand to a filter becomes severe. As a compromise, especially excitation radiation light with a wavelength of around 650 nm is advantageous.

[0017]The excitation radiation light 9 is combined with the light pipe 3 via the independent lens system 2. Or when a laser diode is usually incorporated, it is combined with the light pipe 3 via a collimator optical system. Such a light pipe is formed so that it may have rigidity or flexibility. The shape is set up according to the gear tooth which should be inspected equip the termination by the side of the gear tooth with other optical means, for example, a lens, and make it point in the predetermined direction to an optical beam, and/or suit a patient's mouth. The light pipe 3 is equipped with an exchangeable refraction mirror or lens further again so that the gear tooth 4 may be inspected easily. Therefore, it makes it possible to make the dental field 5 or the gear tooth 4 which should be inspected point to the excitation radiation light 9 by using such a light pipe 3. Thereby, the device concerning this invention can satisfy flexibly various demands in the cavity inspection of human being's gear tooth (or gear tooth an animal's) currently conducted daily.

[0018]The contents about the light pipe 3 mentioned above are applied also to the light pipe 6 which spreads the fluorescence synchrotron radiation 10 in the filter 7 further. The two light pipes 3 and 6 can consist of two or more optical fibers, respectively. When using laser as the light source 1, the diameter of a core can transmit the excitation radiation light 9 and the fluorescence synchrotron radiation 10 using a 200 micrometers (micrometer) optical fiber thin in comparison, for example. When inspecting a dental outer surface, especially the thing for which the two light pipes 3 and 6 are used independently is convenient. By the embodiment shown in drawing 2, the position by the side of the gear tooth of the light pipes 3 and 6 can be chosen independently mutual independently, and detection sensitivity satisfied when inspecting the cavity or the unknown condition of disease which is in a deep place especially can be realized.

[0019]The filter 7 of the device concerning this invention has a big pass band in wavelength of not less than 670 nm. The cutoff filter of colored glass can realize or optical elements for spectrum selecting, such as a diffraction grating, can realize the filter 7, for example. Suitably, filter 7 the very thing is constituted so that it may not have fluorescence as much as possible. As shown in drawing 1, especially the fluorescence-spectrum field of the wavelength of 670 nm to 800-nm within the limits is interesting by this invention. Therefore, the filter 7a which intercepts a long wavelength field with a wavelength of not less than 800 nm further can be formed in series appropriately. Instead, the filter 7 which has a pass band from the wavelength of 670 nm to 800 nm can also be used.

[0020]The sensing device 8 detects fluorescence synchrotron radiation suitably, using a photo-diode as a photosensitive element. A preamplifier is built into a photo-diode in order to raise sensitivity. Similarly, in the optical area of fluorescence synchrotron radiation, using a photoelectric electron multiplier tube is also considered as an amplifier.

[0021]When a semiconductor device constitutes both the photosensitive elements of the light source 1 and the sensing device 8, low-voltage-power parts can be used for the device concerning this invention. Thereby, power consumption can be reduced and it can constitute only from a battery or a charged type battery as a power supply.

[0022]The component part of the device which 2nd embodiment drawing 3 showed a 2nd embodiment of the device concerning this invention, and was shown in drawing 2 is written using the same reference mark. According to the embodiment shown in drawing 3, the



fluorescence synchrotron radiation 10 spreads with the same light pipe 3 with the excitation radiation light 9. In order to take out the fluorescence synchrotron radiation 10 from the beam power of the light pipe 3, the beam eliminator 11 is formed. The beam eliminator 11 is installed between the light source 1 and the lens 2, or is installed between the lens 2 and the termination by the side of the light source of the light pipe 3. Such composition of this invention is useful especially when inspecting a dental root canal.

[0023]3rd embodiment drawing 4 shows a 3rd embodiment of the device concerning this invention. According to this embodiment, in order to spread the excitation radiation light 9 and the fluorescence synchrotron radiation 10, the two light pipes 3 and 6 are formed independently fundamentally, but in order handling conveniently, the light pipe 3 and the light pipe 6 are packed into the form of the handpiece 15. Light pipe 6 the very thing contains two or more optical fibers 6a. Instead, two or more optical fibers can also constitute the light pipe 3 which spreads the excitation radiation light 9.

[0024]Drawing 5 shows the sectional view of the near handpiece 15 which goes to a gear tooth. Suitably, each light pipe 6a which constitutes the light pipe 6 is arranged centering on one fiber of the light pipe 3 at the circumference. By this method, the reliability and accuracy of detection of fluorescence synchrotron radiation improve, and are stabilized.

[0025]Drawing 6 shows the side view of the near handpiece 15 which goes to a gear tooth. As shown in drawing 6, according to distance with the surface 5 of the gear tooth with which the termination of the optical fiber 6a is inspected with the handpiece 15, chamfering work is performed suitably. Thereby, the wide range positive overlap of the excitation radiation light 9 and the fluorescence synchrotron radiation 10 can be attained.

[0026]The evaluation system 12 which has an indicating device or the display 13 is added and displayed on drawing 4. The evaluation system 12 evaluates the data transmitted from the sensing device 8, and determines the existence of a decayed tooth range. An indicating device or the display 13 displays visually the measurement signal transmitted from the sensing device 8. Similarly, it is also considered that a measurement signal is shown with a sound. The evaluation system 12 and/or the display 13 are also incorporable into the sensing device 8.

[0027]When recognizing the influence of a cavity and a dental plaque, or infection of the gear tooth by bacteria by the method mentioned above, daylight or indoor artificial illumination laps with the detected fluorescence synchrotron radiation, and there is a general problem that inspection capability declines. Similarly, it is reflected by a gear tooth and this ambient light is condensed with the optical fiber 6a of the light pipe 6 as a result. And the spectral region of the ambient light in the detection area (wavelength of not less than 670 nm) according to this invention generates a background signal, and restricts the sensitivity of cavity recognition.

[0028]According to this invention, this problem is effectively solvable by modulating periodically the excitation radiation light 9 generated with the light source 1. Therefore, for example, it is possible to generate the excitation radiation light 9 like a pulse. In this case, an excitation state follows fluorescence synchrotron radiation in practice by the short temporal duration which is several nanosecond (ns) grade at excitation radiation luminous intensity. On the contrary, an ambient light laps with the fluorescence synchrotron radiation merely detected as a fixed quantity, without becoming irregular periodically. When evaluating fluorescence synchrotron radiation, only the fluorescence synchrotron radiation periodically modulated on the related frequency is evaluated as a detecting signal.

[0029]By this method, a fixed quantity of an ambient light is removed to some extent, and recognition of the state of the gear tooth by the influence or bacteria of a cavity and a dental



plaque becomes unrelated from an ambient light substantially. However, since an ambient light is modulated with a few according to the frequency of power supply voltage, it is necessary to choose the modulation frequency of the excitation radiation light 9 so that it may separate from the frequency of power supply voltage remarkably. Suitably, it is desirable to choose from 100 Hz within the limits of 200 kHz. With such modulation frequency, an easy method can estimate the modulation components of excitation radiation light, or they can be evaluated by the sound methods, such as a headset or a loudspeaker.

[0030]The example which modulates the excitation radiation light 9 using the opening diaphragm 14 rotated to drawing 4 is shown. It can substitute for this by other mechanical choppers. The abnormal conditions of the excitation radiation light 9 are directly realizable by the method of fluctuating the driver voltage of a laser diode corresponding to the case where a laser diode is used for the light source 1.

[0031]

[Effect of the Invention]As explained above, according to the recognition device of the state of the gear tooth of this invention, the difference of the fluorescence spectrum intensity of the fluorescence synchrotron radiation from a decayed tooth range and the field of a healthy gear tooth spreads, Detecting accuracy of the infection portion of the gear tooth by the influence or bacteria of a cavity and a dental plaque and improvement in reliability can be aimed at, and there is an advantage which can realize simplification of structure and reduction of cost.

---

[Translation done.]